

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Eiju KOMURO, et al.

GAU:

SERIAL NO: 10/670,234

EXAMINER:

FILED: September 26, 2003

FOR: THIN-FILM PIEZOELECTRIC RESONATOR AND METHOD FOR FABRICATING THE SAME

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS  
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e): Application No. Date Filed
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
JAPAN	2002-282727	September 27, 2002

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number  
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s)
- ☐ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913

Joseph A. Scafetta, Jr.  
Registration No. 26, 803

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000  
Fax. (703) 413-2220  
(OSMMN 05/03)

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 2 年    9 月 2 7 日  
Date of Application:

出 願 番 号            特 願 2 0 0 2 - 2 8 2 7 2 7  
Application Number:

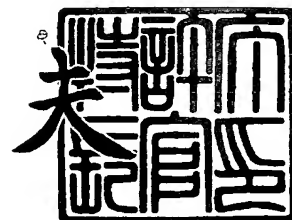
[ST. 10/C] :            [ J P 2 0 0 2 - 2 8 2 7 2 7 ]

出      願      人            T D K 株 式 会 社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年    9 月 2 5 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康



【書類名】 特許願

【整理番号】 03611

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H03H 9/17

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

【氏名】 郡司 勝彦

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

【氏名】 小室 栄樹

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

【氏名】 武石 卓

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

【氏名】 伊村 正明

【発明者】

【住所又は居所】 イギリス国、エムケー3 7 キューアール、ミルトン・キーンズ、ブレッチリー、トゥウィード・ドライブ 21

【氏名】 ロジャー ウィリアム ホワットモア

【発明者】

【住所又は居所】 イギリス国、エムケー45 1 ビーキュー、ベドフォードシア、フリットウィック、58 ミルライト・ウェイ

【氏名】 ジョセフ エドワード アルバート ソーシン

## 【特許出願人】

【識別番号】 000003067

【氏名又は名称】 ティーディーケイ株式会社

【代表者】 澤部 肇

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 005153

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要



【書類名】 明細書

【発明の名称】 薄膜圧電共振子、それを用いたフィルタ及びデュプレクサ並びに薄膜圧電共振子の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 圧電性を有する圧電薄膜と前記圧電薄膜の両面に配置され、前記圧電薄膜に対して励振用電圧を印加するための上部電極および下部電極を有する薄膜圧電共振子であって、上部電極及び下部電極は共振部と取り出し部とからなり、少なくとも上部電極又は下部電極の何れかの取り出し部の少なくとも一部の電極厚みが、この取り出し部と連続して形成される共振部の電極厚みよりも厚いことを特徴とする薄膜圧電共振子。

【請求項 2】 圧電性を有する圧電薄膜と前記圧電薄膜の両面に配置され、前記圧電薄膜に対して励振用電圧を印加するための上部電極および下部電極を有し、少なくとも上部電極又は下部電極の何れかの同一面上にグランド電極とを有する薄膜圧電共振子であって、上部電極及び下部電極は、共振部と取り出し部とからなり、グランド電極の少なくとも一部の電極厚みが、そのグランド電極と同一面上に形成された上部電極又は下部電極の共振部の電極厚みよりも厚いことを特徴とする薄膜圧電共振子。

【請求項 3】 圧電性を有する圧電薄膜と前記圧電薄膜の両面に配置され、前記圧電薄膜に対して励振用電圧を印加するための上部電極および下部電極を有する薄膜圧電共振子であって、上部電極及び下部電極は共振部と取り出し部とからなり、少なくとも上部電極又は下部電極の何れかの取り出し部と、この取り出し部と連続して形成される共振部との電極材料が異なることを特徴とする薄膜圧電共振子。

【請求項 4】 前記薄膜圧電共振子であって、取り出し部の少なくとも一部が、異なる電極材料で重畳して形成され、重畳して形成されされた一の電極が、共振部と連続して形成されること特徴とする請求項 3 に記載の薄膜圧電共振子。

【請求項 5】 前記薄膜圧電共振子であって、前記圧電薄膜の厚みが  $5\ \mu\text{m}$  以下であることを特徴とする請求項 1 ～ 4 の何れかに記載の薄膜圧電共振子。

【請求項 6】 前記薄膜圧電共振子を有する請求項 1 ～ 5 の何れかに記載の

フィルタ。

【請求項 7】 前記薄膜圧電共振子を有する請求項 1～5 の何れかに記載のデュプレクサ。

【請求項 8】 圧電性を有する圧電体薄膜と、前記圧電薄膜の両面に配置され、前記圧電薄膜に対して励振用電圧を印加するための上部電極および下部電極を有する薄膜圧電共振子の製造方法であって、少なくとも上部電極又は下部電極の何れかの形成工程は、少なくとも 2 回の成膜およびパターン化による電極形成工程を有し、1 回目のパターン化で使用するマスクと 2 回目以降のパターン化で使用するマスクの形状が異なることを特徴とする薄膜圧電共振子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】

本発明は、薄膜圧電共振子、この圧電共振子を含むフィルタ及びデュプレクサ並びに薄膜圧電共振子の製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、飛躍的に普及してきた携帯電話等の移動体通信機器では、年々、小型化、使用周波数の高周波化が進められている。そのため、移動体通信機器に使用される電子部品にも、小型化、高周波化が望まれている。

【0003】

移動体通信機器には一つのアンテナを送信と受信とに共用させるために送信信号の経路と受信信号の経路とを切り替えるデュプレクサを備えているものがある。このデュプレクサは、送信信号を通過させ、受信信号を遮断する送信用フィルタと、受信信号を通過させ、送信信号を遮断する受信用フィルタとを備えている。

【0004】

近年、上記デュプレクサにおけるフィルタには、弾性表面波フィルタが用いられることがある。弾性表面波フィルタは、2GHz までの周波数に対応でき、また、セラミックフィルタに比べて小型化が可能であるという特徴を有する。しか

し、今後、移動体通信機器の使用周波数が 2 GHz 以上となった場合に弾性表面波フィルタがそのような周波数に対応するには、現状では技術的課題が多い。

#### 【0005】

そこで、最近、例えば、特開 2000-278078 号公報に示されるように、薄膜バルクアコースティック共振子 (Thin Film Bulk Acoustic Resonator; 以下、FBAR) と呼ばれるデバイスが注目されている。この FBAR は、圧電薄膜の厚さ方向の共振を利用した薄膜圧電共振子である。FBAR では、圧電薄膜の厚さを変えることにより共振周波数を変えることが出来る。また、FBAR は、数 GHz の周波数まで対応することが可能と考えられる。

#### 【0006】

従来の薄膜圧電共振子の構造は図 10 に示すように基体 1 と、この基体 1 の下面に形成された上部バリア層 2、下部バリア層 3 と、この上部バリア層 2 上に形成された下部電極 4 と、この下部電極 4 上に形成された圧電薄膜 5 と、この圧電薄膜 5 上に形成された上部電極 6 と、グランド電極 7 からなるいわゆるコプレーナ構造をとっている。なお、基体 1 には、振動空間 S を有している。

#### 【0007】

また、薄膜圧電共振子の他の形態として、基体に振動空間を設けずに音響多層膜が形成されているものが挙げられる (非特許文献 1 を参照)。この形態の薄膜圧電共振子は基体と、この基体の上に形成された複数の層からなる音響多層膜と、この音響多層膜の上に配置された下部電極と、この下部電極の上に配置された圧電薄膜と、この圧電薄膜の上に配置された上部電極とを備えている。音響多層膜は、例えば窒化アルミニウムのように音響インピーダンスの高い材料からなる層と、例えば酸化シリコンのように音響インピーダンスの低い材料からなる層を積層することにより形成される。

#### 【0008】

更に、他の形態として、空洞が基体と下部電極の間に設けられているものもある (特許文献 2)。この形態の薄膜圧電共振子は基体と、この基体の上に空洞を形成するように形成された下部電極と、この下部電極の上に配置された圧電薄膜と、この圧電薄膜の上に配置された上部電極とを備えるように構成されている。

## 【0009】

そして、これらの薄膜圧電共振子は、何れも圧電薄膜の両面に上部電極及び下部電極を有し、上部電極、下部電極の電極材料として、Al、Pt、Au、Ag、Cr、Cu、Tiなどの金属を用いることができる。

## 【0010】

電極は共振部に係る部分と、取り出し部分とからなり、通常、薄膜形成法によりこれら部分は一体として形成される。また、電極部を含めた共振部の膜厚は所望の周波数により定められるため、取り出し部分を含めた電極の全体の厚みも必然的に定められることになる。

## 【0011】

## 【特許文献1】

特開 2000-278078号公報

## 【特許文献2】

特開昭 60-189307号公報

## 【特許文献3】

国際公開第 99/37023号パンフレット

## 【非特許文献1】

K.Nakamura and H.Kobayashi "Thin Film Resonators and Filters", International Symposium on Acoustic Wave Devices for Future Mobile Communication Systems, 2001年3月5日, p. 93-99

## 【0012】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、電極の厚みが共振周波数により制限されるため、膜厚が薄い場合には電氣的な損失を生じる場合がある。また、薄膜圧電共振子は圧電薄膜の厚み振動モードを用いることにより共振特性が得られているが、共振部の電極材料、構造によっては、通過帯域の通過信号に厚みずれモードによるリップルが生じることがある。

## 【0013】

そこで、本発明の第1の目的は、挿入損失の低い薄膜共振子、フィルタ、デュ



プレクサ及びその製造方法を提供するものである。

また、本発明の第2の目的は、リップルの小さい薄膜共振子、フィルタ、デュプレクサ及びその製造方法を提供するものである。

#### 【0014】

##### 【課題を解決するための手段】

(1) 圧電性を有する圧電薄膜と前記圧電薄膜の両面に配置され、前記圧電薄膜に対して励振用電圧を印加するための上部電極および下部電極を有する薄膜圧電共振子であって、上部電極及び下部電極は共振部と取り出し部とからなり、少なくとも上部電極又は下部電極の何れかの取り出し部の少なくとも一部の電極厚みが、この取り出し部と連続して形成される共振部の電極厚みよりも厚いことを特徴とする薄膜圧電共振子。

#### 【0015】

(2) 圧電性を有する圧電薄膜と前記圧電薄膜の両面に配置され、前記圧電薄膜に対して励振用電圧を印加するための上部電極および下部電極を有し、少なくとも上部電極又は下部電極の何れかの同一面上にグラウンド電極とを有する薄膜圧電共振子であって、上部電極及び下部電極は、共振部と取り出し部とからなり、グラウンド電極の少なくとも一部の電極厚みが、そのグラウンド電極と同一面上に形成された上部電極又は下部電極の共振部の電極厚みよりも厚いことを特徴とする薄膜圧電共振子。

#### 【0016】

(3) 圧電性を有する圧電薄膜と前記圧電薄膜の両面に配置され、前記圧電薄膜に対して励振用電圧を印加するための上部電極および下部電極を有する薄膜圧電共振子であって、上部電極及び下部電極は共振部と取り出し部とからなり、少なくとも上部電極又は下部電極の何れかの取り出し部と、この取り出し部と連続して形成される共振部との電極材料が異なることを特徴とする薄膜圧電共振子。

#### 【0017】

(4) 前記薄膜圧電共振子であって、取り出し部の少なくとも一部が、異なる電極材料で重畳して形成され、重畳して形成されされた一の電極が、共振部と

連続して形成されること特徴とする (3) に記載の薄膜圧電共振子。

【0018】

(5) 前記薄膜圧電共振子であって、前記圧電薄膜の厚みが  $5\ \mu\text{m}$  以下であることを特徴とする (1) ~ (4) の何れかに記載の薄膜圧電共振子。

【0019】

(6) 前記薄膜圧電共振子を有する (1) ~ (5) の何れかに記載のフィルタ。

【0020】

(7) 前記薄膜圧電共振子を有する (1) ~ (5) の何れかに記載のデュプレクサ。

【0021】

(8) 圧電性を有する圧電体薄膜と、前記圧電薄膜の両面に配置され、前記圧電薄膜に対して励振用電圧を印加するための上部電極および下部電極を有する薄膜圧電共振子の製造方法であって、少なくとも上部電極又は下部電極の何れかの形成工程は、少なくとも 2 回の成膜およびパターン化による電極形成工程を有し、1 回目のパターン化で使用するマスクと 2 回目以降のパターン化で使用するマスクの形状が異なることを特徴とする薄膜圧電共振子の製造方法。

【0022】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の具体的構成について詳細に説明する。

【0023】

図 1 に本発明に係る薄膜圧電共振子の第 1 の実施形態の概略図を示す。(a) は平面図であり、(b) は (a) における A-A' 線の断面図である。

【0024】

本発明に係る共振子は、振動空間 S を有する基体 11 と、この基体 11 上下面に設けた上部バリア層 12、下部バリア層 13 を備えている。そして、上部バリア層 12 上に設けた下部電極 14 と、この下部電極 14 上に設けた圧電薄膜 15 と、この圧電薄膜 15 上に設けた上部電極 16 及びグランド電極 17 とを備えており、圧電薄膜に設けたスルーホール 15a を介して下部電極と信号電極とを電

氣的に接続することにより、コプレナー構造の共振子を構成している。

#### 【0025】

そして、上部電極 16 及び下部電極 14 は、上部電極 16 及び下部電極 14 の共振を起こす部分（以下、それぞれ共振部 16 a、14 a とする）と、上部電極 16 及び下部電極 14 のうち共振部 16 a、14 a 以外の部分（以下、それぞれ取り出し部 16 b、14 b とする）とからなり、少なくとも上部電極 16 又は下部電極 14 の何れかの取り出し部 16 b、14 b の少なくとも一部の電極厚みが、この取り出し部に連続して形成される共振部 16 a、14 a の電極厚みよりも厚く構成されている。ここで、連続して形成されるとは、共振部と取り出し部が同一平面上であって、電氣的に導通している関係にあるように形成されているものである。すなわち、図 1 であれば、例えば、上部電極の取り出し部 16 b と、共振部 16 a との関係及び下部電極の取り出し部 14 b と、共振部 14 a との関係が連続的に形成されていることになる。

#### 【0026】

更に、グラウンド電極を設けるコプレナー構造では、グラウンド電極の少なくとも一部の電極厚みが、そのグラウンド電極と同一面上に形成された上部電極又は下部電極の共振部の電極厚みよりも厚く構成しても良い。

#### 【0027】

図 1 では上部電極 16 の取り出し部 16 b 全面の電極厚みを厚く構成のものを例示するが、取り出し部 16 b の一部を厚く構成しても良い。また、グラウンド電極 17 の全部又は一部を厚くしても良い。また、厚くする電極は、少なくとも上部電極 16、下部電極 14 又はグラウンド電極 17 の何れかとしても良い。取り出し部やグラウンド電極の一部を厚くする場合、例えば、取り出し部の端部付近を厚く構成し、導通用のワイヤ等を接続するためのパットとしても良い。

#### 【0028】

通常、共振部の電極厚みは所望の共振周波数を得るために制限されるが、取り出し部やグラウンド電極は共振には関係しないために、任意の厚みとすることができ。よって、電極の電気抵抗に影響を受ける挿入損失を低減するために、可能な限り上部電極、下部電極の取り出し部やグラウンド電極の電極厚みを厚くするこ

とによりこの部分の電気抵抗を下げることができ、共振子の挿入損失を減らすことができる。

#### 【0029】

基体11には、共振子Tが配置される領域に、1つの空洞Sが設けられている。空洞Sは上面から見たときに矩形の形状になっている。また、基体11は例えばSi基板が用いられ、その厚みは100～1000 $\mu$ m程度である。

#### 【0030】

上部バリア層12は、基体11の空洞Sに対応する領域にも下部電極14を配置できるように、基体11と下部電極14とを隔てる絶縁層である。上部バリア層12は、例えば、窒化ケイ素(SiN<sub>x</sub>)、SiO<sub>2</sub>等を用いることができ、その厚みは0.03～0.5 $\mu$ m程度である。

#### 【0031】

下部バリア層13は、空洞Sを設けるために所定のパターンで形成されている。下部バリア層13は、例えば、窒化ケイ素(SiN<sub>x</sub>)、SiO<sub>2</sub>等を用いることができ、その厚みは0.03～0.5 $\mu$ m程度である。

#### 【0032】

圧電薄膜15は、圧電性を有する薄膜であり、例えば、酸化亜鉛(ZnO)、チタン酸ジルコン酸鉛(Pb(Zr, Ti)O<sub>3</sub>) (以下、PZT)、窒化アルミニウム(AlN)などを用いることができる。膜厚は、5 $\mu$ m以下が好ましい。膜厚が大きくなり過ぎると、使用周波数が低くなるからである。よって、膜厚は薄いほど使用周波数が高周波側にシフトするので好ましいが、製造上の問題や信頼性の問題等から、膜厚の下限は0.05 $\mu$ m程度である。

#### 【0033】

また、圧電薄膜15に用いる材料によっては、例えば、PZTを用いる場合には上部バリア層と下部電極層の間にバッファ層(図示せず)を設けても良い。バッファ層は、例えば、SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>等を用いることができ、0.03～0.5 $\mu$ m程度設ければよい。

#### 【0034】

下部電極14及び上部電極16は、それぞれAl、Pt、Au、Ag、Cr、

Cu、Ti等の金属を用いることができる。また、電極材料の圧電薄膜への密着性を向上する観点から、各電極を形成する前に圧電薄膜上に接着層を形成しても良い。例えば、接着層としてクロム（Cr）層を形成後その全面上に金（Au）層を積層する二層構造として形成しても良い。下部電極及び上部電極の厚さは、少なくとも取り出し部一部厚みが共振部の厚みよりも厚い。共振部は、共振子の周波数により定まり、 $0.03 \sim 1 \mu\text{m}$ 程度である。一方で、取り出し部の少なくとも一部を厚くする場合は、その上限は $5 \mu\text{m}$ 程度である。

#### 【0035】

また、グランド電極17を設ける場合、例えば圧電薄膜上面に一方向に長い矩形状に形成されるが、形状はこれに限定されない。グランド電極を設け、グランド電極の少なくとも一部を共振部より厚くする場合、その上限は $5 \mu\text{m}$ 程度である。

#### 【0036】

図1における下部電極14の左側の端部近傍に設けた共振部14aと上部電極16の右側の端部近傍に設けた共振部16aは、圧電薄膜15を介して互いに対向するように配置されている。そして、これら共振部14a、16aと圧電薄膜15とで共振子Tが形成されている。なお、図1（a）では、便宜上、下部電極14の共振部14aと上部電極16の共振部16aの大きさを若干異ならせているが、実際にはこれらの大きさは等しい。

#### 【0037】

更に、圧電薄膜15には、下部電極14の共振部14aを設けた端部の他端近傍に対応する位置にスルーホール15aを設ける。そして、下部電極14はスルーホール15aを通過するボンディングワイヤ等によって信号用導体部に接続される（図示せず）。

#### 【0038】

次に、本発明の第2の実施形態として、図2に本発明に係るフィルタの概略図を示す。（a）は平面図を（b）は（a）におけるA-A'線の断面図である。これは、図3に示すような、共振子が直列及び並列に接続されたラダー型のフィルタとして構成されるものである。

**【0039】**

基本的な層構成等は、図1に示す第1の実施形態と同様であるので、重複する部分の説明は省略する。以下に、異なる構成である電極の構成について説明する。

**【0040】**

下部電極24A、24Bは、図2における左右に並べて配置されている。下部電極24Cは、下部電極24A、24Bの図2における下側に配置されている。下部電極24A、25Bの各平面形状は、互いに近接する端部近傍付近の幅が他の部分より若干大きい略矩形状に形成されている。下部電極24Cの平面形状は、一方向に長い矩形状に形成されている。

**【0041】**

上部電極26の平面形状は、略T字形をなし、3つの端部付近に共振部26a、26b、26cと取り出し部26dとを有し、共振部26a、26bの幅は他の部分より若干広がっている。

**【0042】**

下部電極24Aはフィルタの入力端を兼ね、下部電極24Bはフィルタの出力端を兼ねている。下部電極24Cは接地される。そして、下部電極24A、24B、24Cはそれぞれ共振部24Aa、24Ba、24Caと取り出し部24Ab、24Bb、24Cb、24Ccとからなる。

**【0043】**

そして、本発明に係るフィルタは、少なくとも上部電極26又は下部電極24A、24B、24Cの取り出し部26d、24Ab、24Bb、24Cb、24Ccの少なくとも一部の電極厚みが、連続して形成される共振部26a、26b、26c、24Aa、24Ba、24Caの電極厚みよりも厚く構成されている。

**【0044】**

なお、図2では、上部電極26の取り出し部26dの全面厚みが上部電極26の共振部26a、26b、26cの厚みよりも厚く構成されているものを例示するが、取り出し部26dの一部を厚く構成しても良い。また、少なくとも下部

電極 24 A、24 B、24 C の取り出し部の何れかの全部又は一部を厚くしても良い。また、厚くする電極は、少なくとも上部電極 26、下部電極 24 A、24 B、24 C の何れかとしても良い。

#### 【0045】

下部電極 24 A の右側の端部近傍に設けた共振部 24 A a と上部電極 26 の左側の端部近傍に設けた共振部 26 a は、圧電薄膜 25 を介して互いに対向するように配置されている。そして、これら電極の共振部 24 A a、26 a と圧電薄膜 25 とで、フィルタの入力端側の直列共振子 T1 が形成されている。

#### 【0046】

また、下部電極 24 B の左側の端部近傍に設けた共振部 24 B a と上部電極 26 の右側の端部近傍に設けた共振部 26 b は、圧電薄膜 25 を介して互いに対向するように配置されている。そして、これら電極の共振部 24 B a、26 b と圧電薄膜 25 とで、フィルタの出力端側の直列共振子 T2 が形成されている。なお、図 2 (a) では、便宜上、下部電極 24 A、24 B の共振部 24 A a、24 B a と上部電極 26 の共振部 26 a、26 b の大きさを若干異ならせているが、実際にはこれらの大きさは等しい。

#### 【0047】

また、下部電極 24 C の中央近傍に設けた共振部 24 C a と上部電極 26 の下側の端部近傍に設けた共振部 26 c は、圧電薄膜 25 を介して互いに対向するように配置されている。そして、これら電極の共振部 24 C a、26 c と圧電薄膜 25 とで、フィルタの並列共振子 T3 が形成されている。

#### 【0048】

更に、圧電薄膜 25 には、下部電極 24 A 及び 24 B の共振部 24 A a、24 B a を設けた端部の他端近傍に対応する位置と、下部電極 24 C の両端部近傍に対応する位置とに、それぞれスルーホール 25 a、25 b、25 c、25 d を設ける。そして、下部電極 24 A、24 B はそれぞれスルーホール 25 a、25 b を通過するボンディングワイヤ等によって信号用導体部に接続される（図示せず）。また、下部電極 24 C はスルーホール 25 c、25 d を通過するボンディングワイヤ等によって接地用導体部に接続される（図示せず）。

## 【0049】

また、図示しないが、本発明に係る共振子をデュプレクサとして機能するように構成しても良い。

## 【0050】

次に本発明に係るフィルタの作製方法について図2を参照して説明する。なお、図1に示すような、本発明に係る共振子も電極構造が異なるのみで基本的には同様の製造方法により作製される。

## 【0051】

最初に基体21としてベアSiウエハの上下面に化学的気相成長法により、窒化ケイ素(SiN<sub>x</sub>)を所定の厚さに付着させる。Siウエハの上面に形成したSiN<sub>x</sub>は上部バリア層22である。下部バリア層23は、フォトリソグラフィ及び反応性イオンエッチングによって、Siウエハの背面のSiN<sub>x</sub>に所定のパターンで形成される。

## 【0052】

下部電極24A、24B、24Cは、いわゆるリフトオフプロセスにより、以下の手順で形成される。

## 【0053】

まず、フォトリソグラフィによって、フォトレジストの所定のパターンが形成される。次に、スパッタリングにより、電極材料となる金属、例えばクロムと金(Cu/Au)を、それぞれ所定の厚さに積層する。例えば、それぞれ10nm、100nmに形成する。なお、Crは接着層として使用される。

## 【0054】

次にパターン化されたフォトレジストと、その上のCu/Auとをアセトン等の溶剤で取り除くことにより、下部電極24A、24B、24Cが得られる。

## 【0055】

次に、スパッタリングにより圧電薄膜25となる圧電材料、例えば酸化亜鉛(ZnO)を所定の厚さで形成する。圧電薄膜は酢酸でエッチングされ、ボンディングワイヤを下部電極24A、24B、24Cに接触するためのスルーホール25a、25b、25c、25dが形成される。



## 【0056】

その後、上部電極 26 がリフトオフプロセスによって形成される。例えば、図 4 に示すようなマスク 41 を使用して、Cr/Au をスパッタリングして電極を形成後、更に同図のマスク 42 を使用して Cr/Au をスパッタリングすることにより、マスク 41、42 の重複部分について、電極を厚く構成することができる。このように、マスクの形状を選択することにより所定の部分の電極を厚く構成することができる。

## 【0057】

なお、通常上部電極 26 上に膜厚の厚い接続部 26d を形成する場合、リフトオフプロセスを 2 度繰り返す必要があり、製造工程が増える問題があるが、例えば、図 3 に示すような直列-並列-直列タイプのフィルタ（ラダー型フィルタ）では、特に問題とはならない。すなわち、フィルタを構成する場合、直列共振器と並列共振器との周波数を変える必要があるが、例えば、直列共振器と並列共振器の共振部の電極厚みを変えて周波数を変える場合、そもそも、リフトオフプロセスを 2 度繰り返すことが前提となる。よって、ラダーフィルタでは、図 4 に示すようなマスク等を用いることにより、工程を増やすことなく、電極の一部分の厚みを増やすことにより損入損失を低減させることができる。

## 【0058】

最後に、Si ウェハは、下部バリア層を使用して、KOH 溶液で背面側からエッチングされ、フィルタが完成する。

## 【0059】

以上、上部電極を厚く構成する例を説明したが、同様な電極作製手順で下部電極を厚くしても良く、また、上部、下部の両電極を厚くしても良い。

## 【0060】

図 5 に本発明に係る薄膜圧電共振子の第 3 の実施形態の概略図を示す。(a) は平面図であり、(b) は (a) における A-A' 線の断面図である。

## 【0061】

基本的な層構成等は、図 1 に示す第 1 の実施の形態と同様であるので、重複する部分の説明は省略する。また、図 5 は上部電極、下部電極、グランド電極及び

圧電薄膜以外は省略する。以下に、異なる構成である電極の構成について説明する。

#### 【0062】

本発明に係る共振子は、少なくとも上部電極 34 又は下部電極 36 において、それぞれの共振部 34a、36a の電極材料と、その共振部 34a、36a と連続して形成される取り出し部 34b、36b の電極材料が異なる。

#### 【0063】

そして、共振部と取り出し部との結合部を部分的に重ね合わせて結合する。すなわち、取り出し部 34b の少なくとも一部が、共振部 34a と異なる電極材料で重畳して形成され、重畳して形成されされた一の電極が、共振部 34a と連続して形成されている。この結合部の電氣的接続が不十分であると挿入損失が大きくなるために、確実に電氣的接合をとる必要があるからである。

#### 【0064】

また、グランド電極を設けるコプレナー構造では、グランド電極 37 の電極材料を上部電極 34 又は下部電極 36 の共振部 34a、36a の電極材料と変えて構成しても良い。

#### 【0065】

共振部 34a、36a の電極材料は、ポアソン比、密度が小さいものが好ましい。また、取り出し部 34b、36b 又はグランド電極 37 の電極材料は比抵抗の小さなものがよい。具体的には、共振部の電極材料はアルミニウム (Al) が好ましく、取り出し部の電極材料は銅 (Cu)、銀 (Ag) が好ましい。

#### 【0066】

共振部の電極材料をポアソン比、密度の小さいものにより、通過帯域の通過信号に厚みずれモードによるリップルが小さくなる。また、引き出し部やグランド電極の電極材料を比抵抗の小さなものにより、挿入損失を低減させることができる。

#### 【0067】

表 1 に電極材料の諸特性、図 6 にインピーダンスの周波数特性を示す。

#### 【0068】

【表 1】

金属材料	ポアソン比	密度( $10^3\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ )	比抵抗( $10^{-8}\Omega\cdot\text{m}$ )
Al	0.345	2.70	2.50
Au	0.440	19.32	2.05
Pt	0.377	21.45	9.81
Cu	0.343	6.24	1.55
Ag	0.367	10.50	1.47

## 【0069】

なお、図6のインピーダンス周波数特性は、 $0.1\mu\text{m}$ の上部バリア層 (SiN<sub>x</sub>)、 $0.1\mu\text{m}$ の下部電極、 $1\mu\text{m}$ の圧電薄膜 (ZnO)、 $0.1\mu\text{m}$ の上部電極からなる薄膜圧電共振子について電極材料を変えて測定したものである。

## 【0070】

これより、ポアソン比及び密度が小さいAl電極材料が最もリップルが小さくなることがわかる。

## 【0071】

更に、上部電極及び下部電極の電極の厚みは、取り出し部と連続して形成される共振部とで変える必要はないが、本発明に係る第1の実施の形態と同様に、取り出し部の少なくとも一部の電極厚みが、連続して形成される共振部の電極厚みよりも厚く構成されていることが好ましい。また、グランド電極を設けるコプレーナ構造等では、グランド電極の少なくとも一部の電極厚みが、そのグランド電極と同一平面上に形成された上部電極又は下部電極の共振部の電極厚みよりも厚く構成することが好ましい。

## 【0072】

また、図3に示すようなラダー型フィルタにであって、少なくとも上部電極又は下部電極において、それぞれの共振部の電極材料と、その共振部と連続して形成される取り出し部の電極材料を変えて構成しても良い。

更には、図示しないが、本発明に係る共振子をデュプレクサとして機能するように構成しても良い。

## 【0073】

次に本発明に係る共振子の第3の実施形態の作製方法について図5を参照しながら説明する。

#### 【0074】

最初に基体としてベアSiウェハの上下面に化学的気相成長法により、窒化ケイ素(SiN<sub>x</sub>)を所定の厚さに付着させる。Siウェハの上面に形成したSiN<sub>x</sub>は上部バリア層である。下部バリア層は、フォトリソグラフィ及び反応性イオンエッチングによって、Siウェハの背面のSiN<sub>x</sub>に所定のパターンで形成される(以上の層構成は図1と同様)。

#### 【0075】

下部電極34は、いわゆるリフトオフプロセスにより、以下の手順で形成される。

#### 【0076】

まず、フォトリソグラフィによって、フォトレジストの所定のパターンが形成される。次に、スパッタリングにより、電極材料となる金属、例えばクロムと金(Cu/Au)を、それぞれ10nm、100nmの厚さに積層する。なお、Crは接着層として使用される。

#### 【0077】

次にパターン化されたフォトレジストと、その上のCu/Auとをアセトン等の溶剤で取り除くことにより、下部電極36が得られる。

#### 【0078】

次に、スパッタリングにより圧電薄膜35となる圧電材料、例えば酸化亜鉛(ZnO)を所定の厚さに形成する。圧電薄膜は酢酸でエッチングされ、ボンディングワイヤを下部電極34に接触するためのスルーホール35aが形成される。

#### 【0079】

その後、上部電極34がリフトオフプロセスによって形成される。例えば、図7に示すようなマスク43を使用して、Alをスパッタリングして電極の共振部34aを形成後、更に同図のマスク44を使用してCr/Auをスパッタリングして電極の取り出し部34bを形成する。下部電極の電極材料を変える場合は、同様に所定の形状のマスクを用いてリフトオフプロセスを2回繰り返せばよい。

## 【0080】

最後に、Si ウェハは、下部バリア層を使用して、KOH 溶液で背面側からエッチングされ、共振子が完成する。

## 【0081】

図 8 に本発明に係る薄膜圧電共振子の第 4 の実施形態の概略断面図を示す。

## 【0082】

基本的な層構成等は、図 1 に示す第 1 の実施の形態と同様であるが、振動空間の代わりに下部バリア層 42 と基体 41 の間に空洞 48 が設けられている。

## 【0083】

なお、圧電薄膜 45 の上下面に上部電極 46、下部電極 44 を設け、上部電極の取り出し部を共振部より暑く構成することは図 1 と同様である。

## 【0084】

また、第 3 の実施の形態と同様に、少なくとも上部電極又は下部電極において、それぞれの共振部の電極材料と、その共振部と連続して形成される取り出し部の電極材料が異なる構成としても良い。

## 【0085】

図 9 に本発明に係る薄膜圧電共振子の第 5 の実施形態の概略断面図を示す。

## 【0086】

基本的な層構成等は、図 1 に示す第 1 の実施の形態と同様であるが、振動空間の代わりに下部電極 54 と基体 51 との間に音響多層膜 58a、58b が形成されている。音響多層膜は、例えば窒化アルミニウムのように音響インピーダンスの高い材料からなる層と、例えば酸化シリコンのように音響インピーダンスの低い材料からなる層を積層することにより形成される。なお、図 9 において音響多層膜は、2 層より成っているが、音響インピーダンスの高い層と低い層を交互に 2 層よりも多く成膜してもよい。

## 【0087】

なお、圧電薄膜 55 の上下面に上部電極 56、下部電極 54 を設け、上部電極の取り出し部を共振部より暑く構成することは図 1 と同様である。

## 【0088】

また、第3の実施の形態と同様に、少なくとも上部電極又は下部電極において、それぞれの共振部の電極材料と、その共振部と連続して形成される取り出し部の電極材料が異なる構成としても良い。

#### 【0089】

#### 【発明の効果】

本発明に係る薄膜圧電共振子、フィルタ、デュプレクサ及び薄膜圧電共振子の製造方法は挿入損失を低くすることができる。また、リップルを小さくすることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【図1】

(a)は本発明の第1の実施形態における薄膜圧電共振子を示す平面図である。(b)は(a)におけるA-A'線の断面図である。

#### 【図2】

(a)は本発明の第2の実施形態におけるフィルタを示す平面図である。(b)は(a)におけるA-A'線の断面図である。

#### 【図3】

本発明の第2の実施形態におけるフィルタの回路構成図を示す回路図である。

#### 【図4】

本発明の第2の実施形態におけるフィルタの製造方法で用いるマスクの形状を示す図である。

#### 【図5】

(a)は本発明の第3の実施形態における薄膜圧電共振子を示す平面図である。(b)は(a)におけるA-A'線の部分断面図である。

#### 【図6】

本発明の第3の実施形態において共振部の電極材料を変えた場合のインピーダンス周波数特性を示す図である。(a)はAlを用いた場合であり、(b)はAuを用いた場合であり(c)はAgを用いた場合の特性図である。

#### 【図7】

本発明の第3の実施形態におけるフィルタの製造方法で用いるマスクの形状を

示す図である。

【図 8】

本発明の第 4 の実施形態における薄膜圧電共振子を示す概略断面図である。

【図 9】

本発明の第 5 の実施形態における薄膜圧電共振子を示す概略断面図である。

【図 10】

(a) は従来の薄膜圧電共振子を示す平面図である。(b) は (a) における A-A' 線の断面図である。

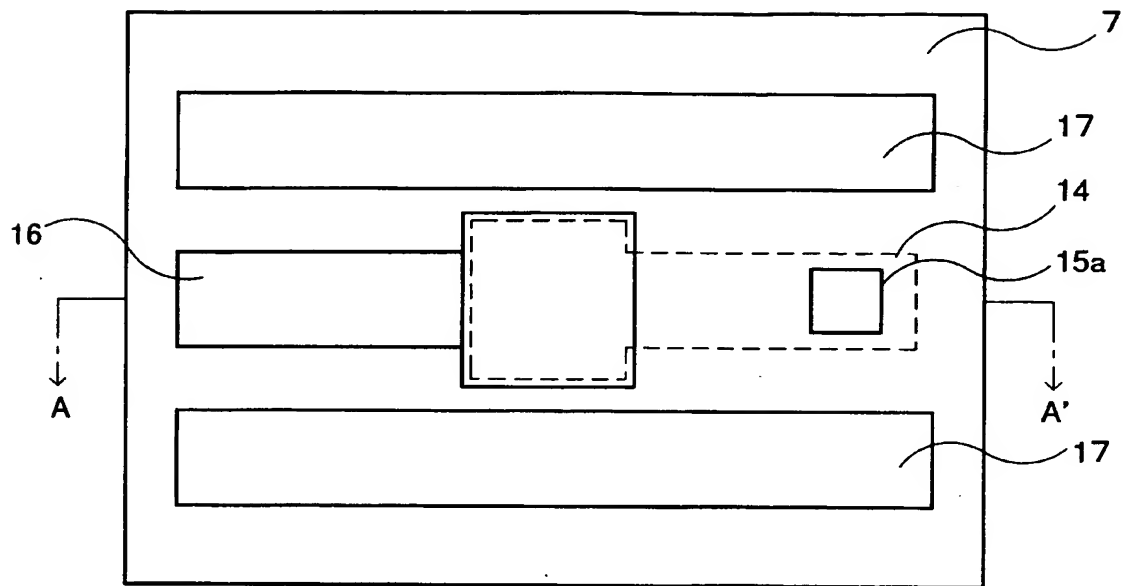
【符号の説明】

- 1、11、21 基体
- 2、12、22 上部バリア層
- 3、13、23 下部バリア層
- 4、14、24、34 下部電極
- 5、15、25、35 圧電薄膜
- 6、16、26、36 上部電極
- 7、17、 グランド電極
- 41、42、43、44 マスク
- S 振動空間
- 48 空洞
- 58a、58b 音響多層膜

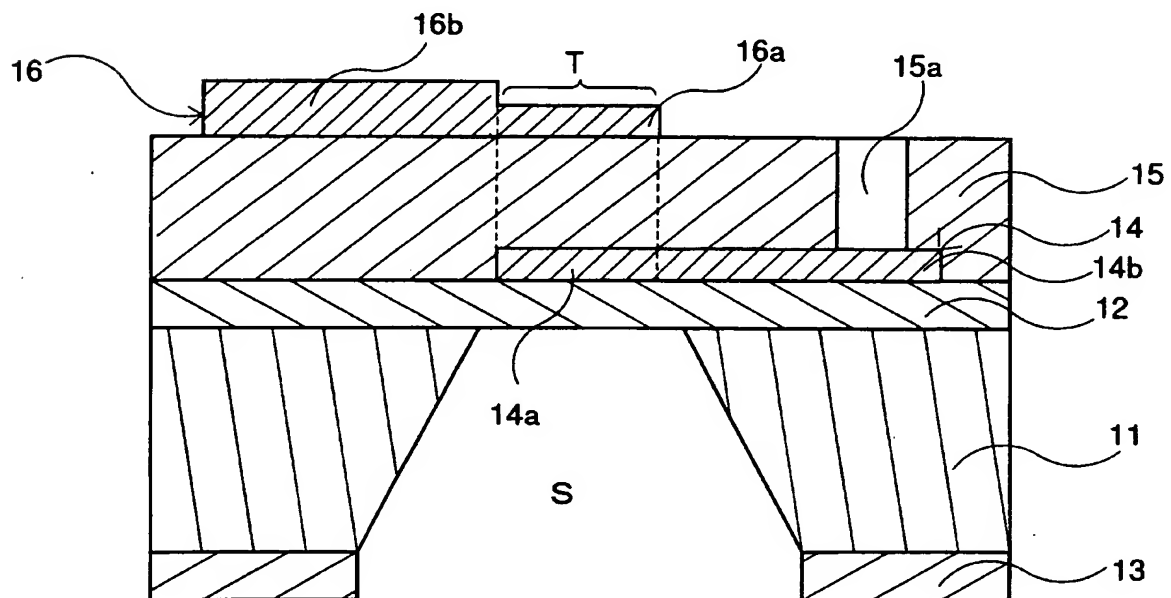
【書類名】

図面

【図 1】



(a)

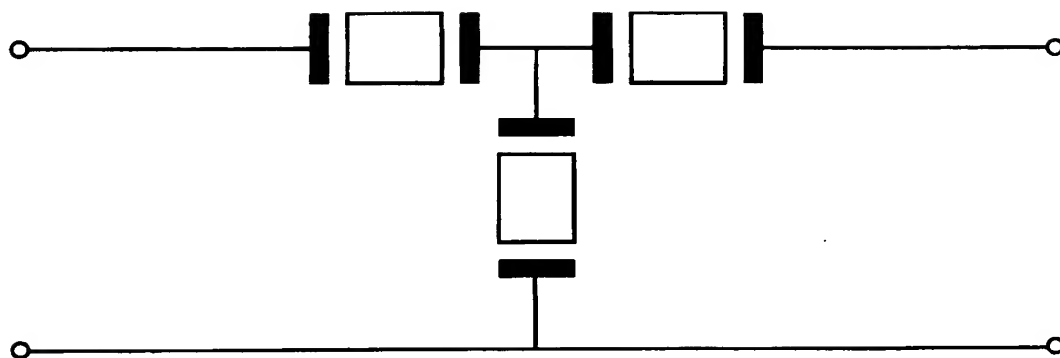


(b)

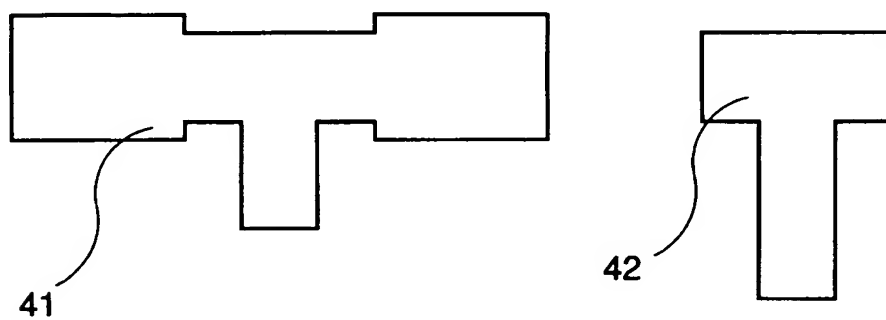




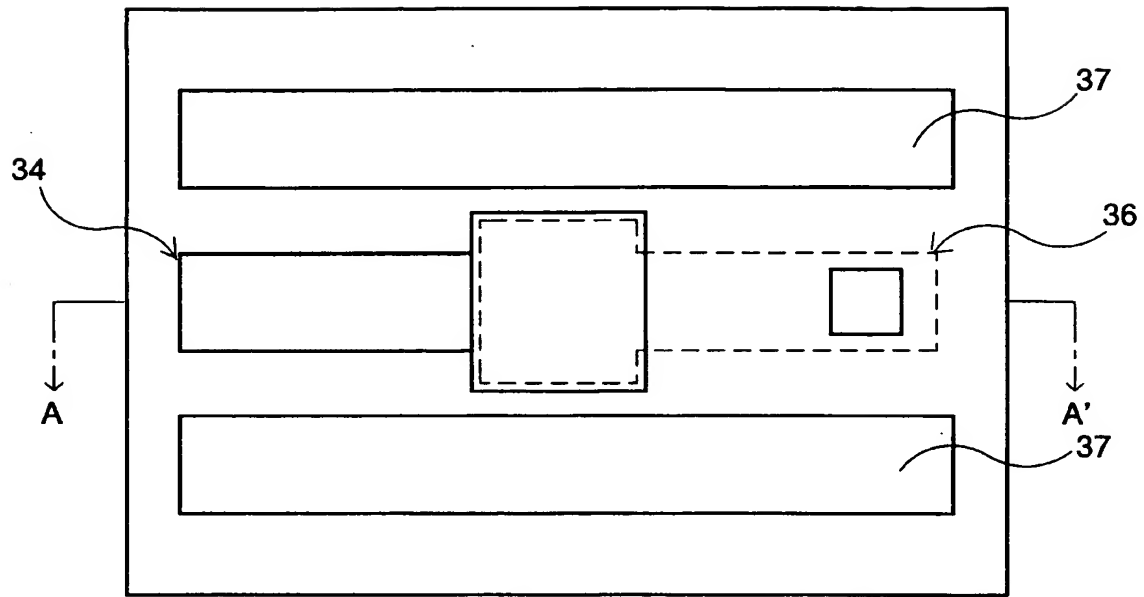
【図 3】



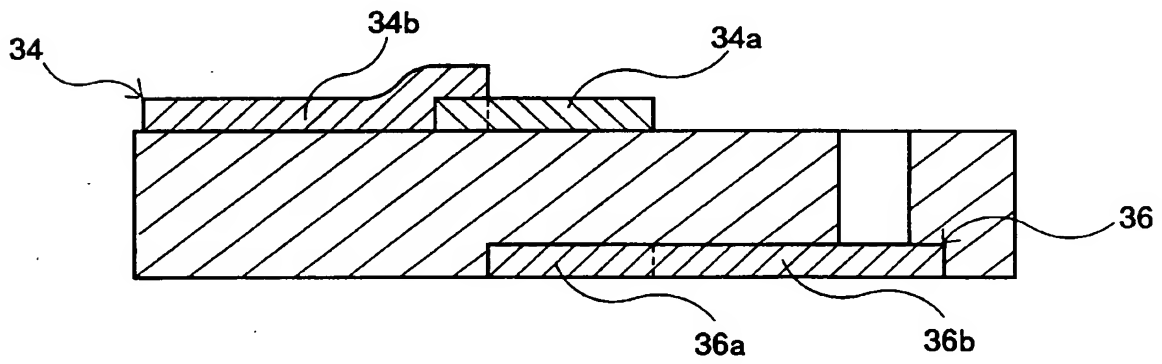
【図 4】



【図 5】

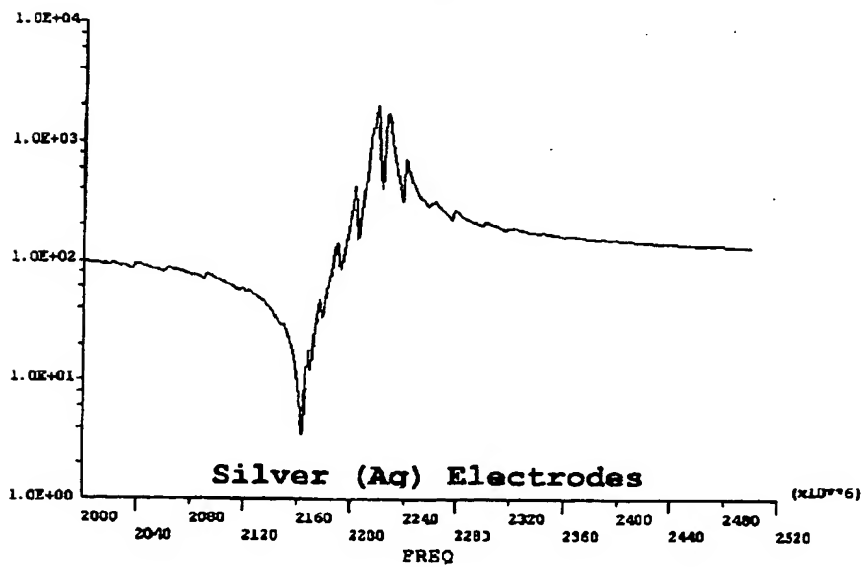
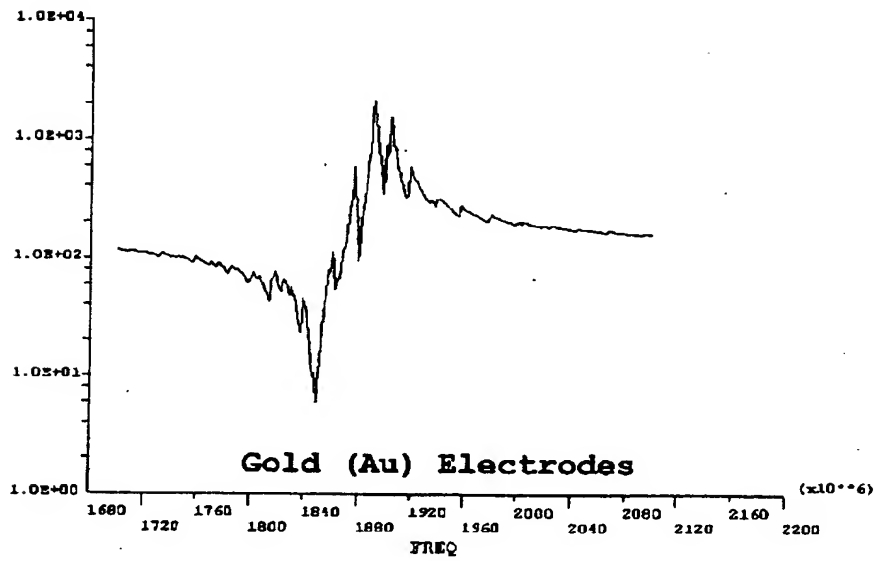
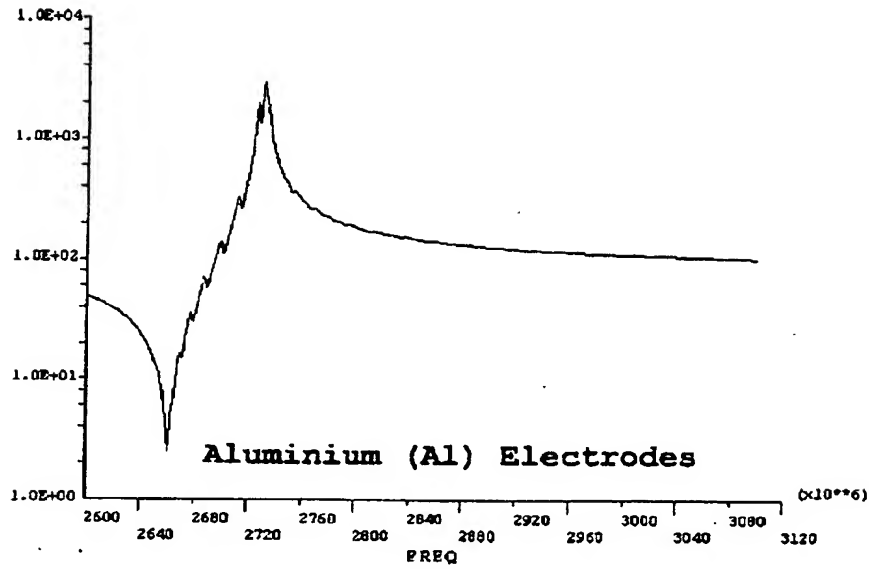


(a)

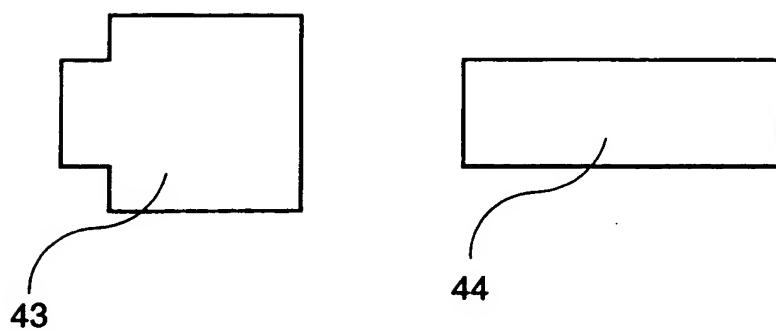


(b)

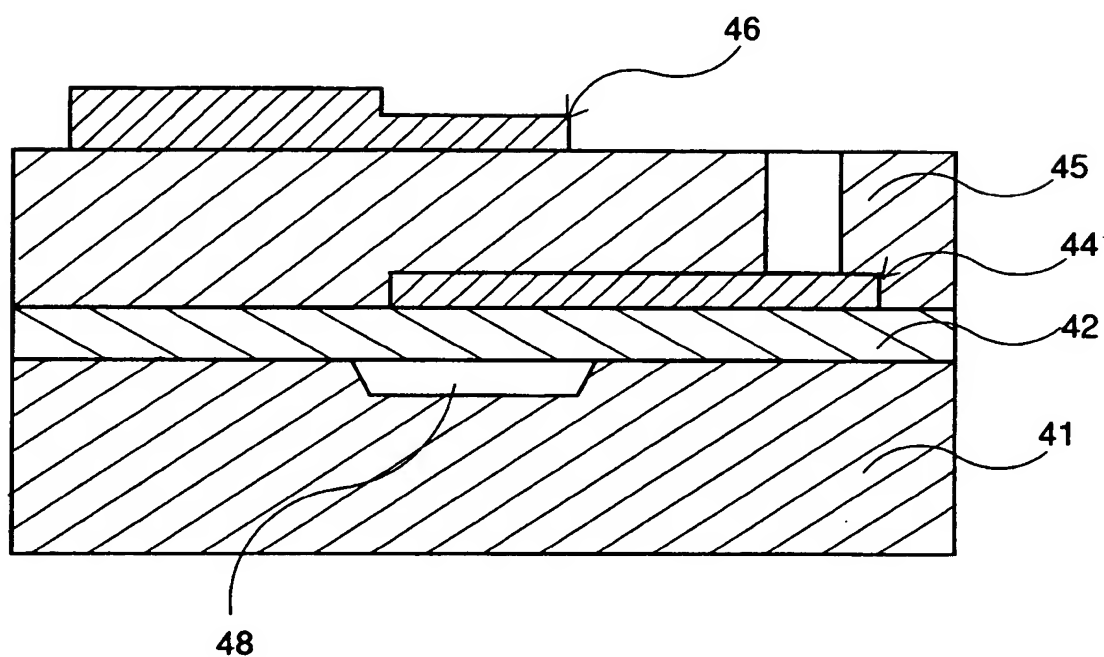
【図 6】



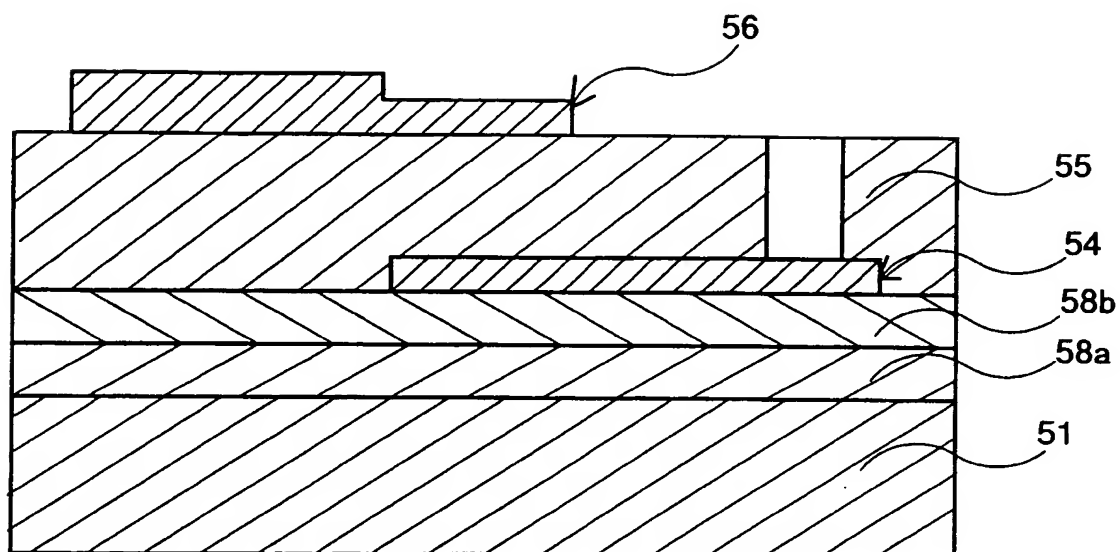
【図 7】



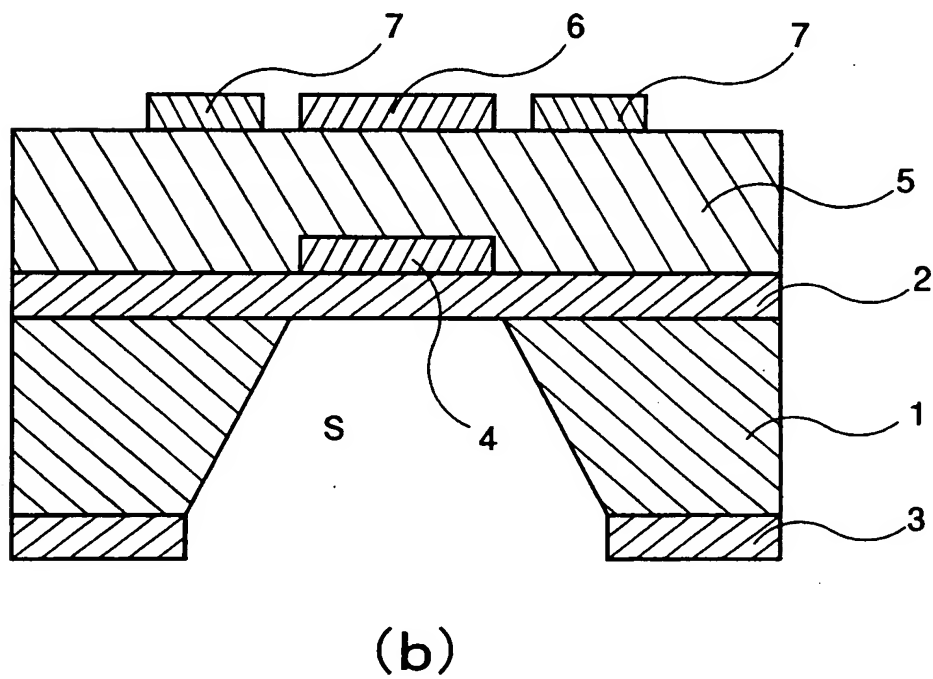
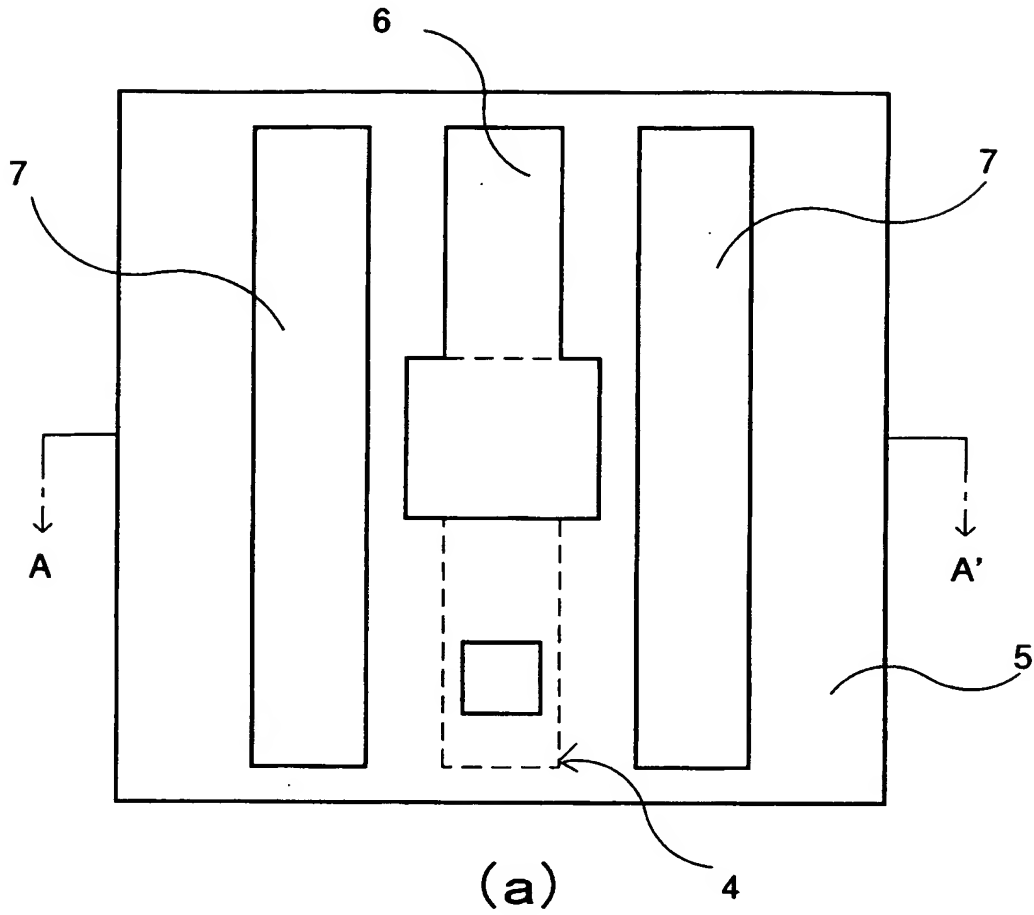
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明は挿入損失の低い又はリップルの小さい薄膜共振子、フィルタ、デュプレクサ及びその製造方法を提供するものである。

【解決手段】 圧電性を有する圧電薄膜と前記圧電薄膜の両面に配置され、前記圧電薄膜に対して励振用電圧を印加するための上部電極および下部電極を有する薄膜圧電共振子であって、上部電極及び下部電極は共振部と取り出し部とからなり、少なくとも上部電極又は下部電極の何れかの取り出し部の少なくとも一部の電極厚みが、この取り出し部と連続して形成される共振部の電極厚みよりも厚いことを特徴とする薄膜圧電共振子。

【選択図】 図 1



認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 2 - 2 8 2 7 2 7
受付番号	5 0 2 0 1 4 5 1 7 3 8
書類名	特許願
担当官	小野寺 光子 1 7 2 1
作成日	平成 1 4 年 9 月 3 0 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成 14 年 9 月 27 日

次頁無

特願 2 0 0 2 2 8 2 7 2 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 3 0 6 7 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都中央区日本橋 1 丁目 1 3 番 1 号

氏 名

ティーディーケイ株式会社

2. 変更年月日

2 0 0 3 年 6 月 2 7 日

[変更理由]

名称変更

住 所

東京都中央区日本橋 1 丁目 1 3 番 1 号

氏 名

T D K 株式会社